

УДК 532.529 : 66.047 : 628.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА КАПЕЛЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛОКАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Кандидат техн. наук, доц. Э. Г. БРАТУТА,
инженер А. Р. ПЕРЕСЕЛКОВ*

Харьковский ордена Ленина политехнический институт имени В. И. Ленина

В ряде случаев исследования контактных аппаратов применительно к процессам горения жидких топлив, выпаривания и сушки диспергированных растворов, обработки воздуха в камере орошения кондиционера, охлаждения и очистки газов в скрубберах и т. д. возникает необходимость в определении функции распределения объема капель по диаметру $\bar{v}(D)$, характеризующей генеральную совокупность полидисперсного ансамбля капель, проходящих через рассматриваемое сечение аппарата.

Как правило, в поперечном сечении аппаратов указанного типа наблюдается не только неравномерность потоков массы дискретной фазы, но и значительное изменение локальных значений параметров функции распределения объема капель по диаметру.

При формировании математической модели гидродинамических и тепломассообменных процессов, в которых наиболее интенсивное изменение определяющих параметров происходит вдоль оси аппарата, дисперсный состав капель в некотором «нулевом» поперечном сечении обычно является одним из начальных условий. Формализация задачи заметно упрощается, если совокупность локальных значений функции распределения объема капель по диаметру в указанном «нулевом», а затем и в последующих поперечных сечениях представляется возможным заменить некоторой единой приведенной функцией, описывающей всю генеральную совокупность капель, проходящих через исследуемое сечение.

В настоящее время надежное определение дисперсного состава капель возможно лишь экспериментальным путем, причем измерения, выполненные внутри аппарата опять-таки всегда носят локальный характер [1—4]. Дальнейшее использование результатов локальных измерений в качестве исходных данных для теоретического анализа без соответствующей методики определения приведенной функции распределения представляется затруднительным.

Как известно, для выборки капель значение дифференциальной функции распределения объема капель по диаметру в интервале размеров $D_j \div D_j + \Delta D$ представляет собой

$$v(D_j) = \frac{D_j^3 n_j}{\Delta D \sum_{j=1}^m D_j^3 n_j}, \quad (1)$$

где n_j — количество капель, размеры которых находятся в интервале $D_j \div D_j + \Delta D$;

m — количество групп, на которые разбит весь спектр размеров капель.

Наша задача — реализовать подобную операцию для всей совокупности капель, проходящих через исследуемое сечение аппарата.

Предлагаемая методика вычисления приведенной функции распределения объема капель по диаметру $\bar{v}(D)$ заключается в следующем. Всю площадь F исследуемого поперечного сечения аппарата условно разбиваем на n площадок величиной $\Delta F_i = \Delta x_i \Delta y_i$. Затем в центре каждой из площадок с координатами (x_i, y_i) определяем локальные значения параметров функции $v(x_i, y_i, D)$, а также измеряем удельный расход жидкой компоненты $g(x_i, y_i)$ (в настоящее время вопрос измерения локальных расходов в дисперсном потоке является достаточно отработанным [5]).

При этом с известным допущением предполагается, что в пределах каждой из площадок параметры $v(D)$ и g неизменны и равны соответственно $v(x_i, y_i, D)$, $g(x_i, y_i)$. Естественно, что найденные локальные значения $v(D)$ и g должны быть статистически обоснованными.

Далее, условно из всего фракционного состава частиц выделяются капли, размеры которых находятся в интервале $D_j \div D_j + \Delta D$, и определяется объемный расход капель этой группы, проходящих через каждую из площадок ΔF . Затем, просуммировав по всем n площадкам, искомый объем $w(D_j)$ для всего сечения F получим в виде

$$w(D_j) = \sum_{i=1}^n v(x_i, y_i, D) \Delta D g(x_i, y_i) \Delta F_i, \quad (2)$$

где $v(x_i, y_i, D) \Delta D$ — долевое содержание объема капель, размеры которых находятся в интервале $D_j \div D_j + \Delta D$, во всем объеме капель, проходящих через данную площадку ΔF_i .

Соответственно через площадь F объемный расход жидкости, представленный всем спектром размеров, равен

$$W = \sum_{i=1}^n g(x_i, y_i) \Delta F_i. \quad (3)$$

Разделив (2) на (3) и на ΔD , так как величина ΔD не зависит от переменных x и y , получим для диаметра $D = D_j$ значение приведенной функции $\bar{v}(D_j)$ в виде

$$\bar{v}(D_j) = \frac{\sum_{i=1}^n v(x_i, y_i, D_j) g(x_i, y_i) \Delta F_i}{\sum_{i=1}^n g(x_i, y_i) \Delta F_i}. \quad (4)$$

Далее, проделав подобную операцию для других диаметров D , получим значения ординат точек приведенной функции $\bar{v}(D)$, по которым можно построить ее график.

Количество точек измерения и их месторасположение зависит от степени неравномерности распределения по площади F локального расхода $g(x, y)$, а также от изменения дисперсного состава капель, выражаемого функцией $v(x, y, D)$.

Выражение (4) может несколько измениться в зависимости от применяемой формулы численного интегрирования. В общем случае, записанном для непрерывных функций, выражение (4) имеет вид

$$\bar{v}(D_j) = \frac{\int_F \int v(x, y, D_j) g(x, y) dF}{\int_F g(x, y) dF} \quad (4^*)$$

Очевидно, что предлагаемая методика определения приведенной функции распределения $\bar{v}(D)$ может быть применена при любом механизме

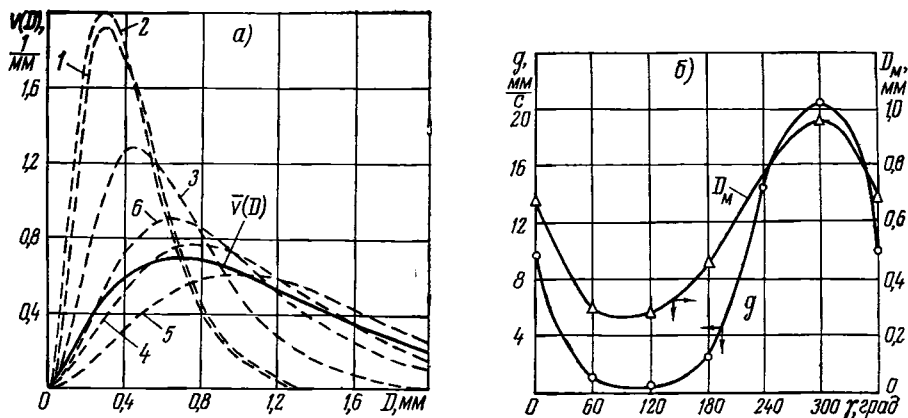


Рис. 1. Значения функции распределения объема капель по диаметру $v(D)$, модального диаметра D_m (а) и удельного расхода жидкости g (б) в разных точках по окружности факела форсунки:

1 — $\gamma = 60^\circ$; 2 — 120° ; 3 — 180° ; 4 — 240° ; 5 — 300° ; 6 — 360°

диспергирования жидкости независимо от природы возникновения неравномерностей в потоке.

Поэтому в качестве примера приведем некоторые результаты определения приведенной функции распределения капель, продуцируемых центробежной тангенциальной форсункой типа У—I [6] с диаметром сопла $d_c = 4$ мм, при перепаде давления на форсунке $\Delta p = 3$ бар.

Измерения дисперсного состава капель производились с помощью счетно-импульсного метода [2—4]. Локальный расход жидкости измерялся по известной методике [5] с помощью цилиндрической заборной трубки, имеющей внутренний диаметр, равный 5 мм. При этом отборник мог однозначно устанавливаться в ту же точку факела, в которой измерялся дисперсный состав капель.

Для нахождения приведенной функции $\bar{v}(D)$ все сечение факела разбивалось на ряд площадок, образованных пересечением лучей и concentрических окружностей.

Для иллюстрации интенсивности изменения локальных значений функции $v(D)$ и g на рис. 1 показаны некоторые кривые, полученные в различных точках по окружности сечения через каждые $\Delta\gamma = 60^\circ$, относящиеся к одному и тому же радиусу. Приведенная функция $\bar{v}(D)$, вычисленная согласно выражению (4), показана на рис. 1а сплошной линией. Как видно, модальные размеры капель D_m , соответствующие локальным функциям $v(D)$, отличаются более чем в 4 раза сравнительно с модальным размером капель приведенной функции $\bar{v}(D)$.

Многочисленные опыты показали, что качественная связь между D_m и g (рис. 1б) является типичной для одиночных распылителей различных типов. Это позволяет, измеряя лишь значения расходов g , судить об интенсивности изменения функции распределения $\bar{v}(D)$, т. е. до проведения трудоемких операций определения дисперсного состава установить необходимое количество точек измерения для нахождения приведенной функции $\bar{v}(D)$.

Следует отметить одну существенную особенность счетно-импульсного метода измерения дисперсного состава капель. Как было нами установлено, с помощью указанного метода в процессе измерения дисперсного состава представляется возможным одновременно определить также удельный расход согласно выражению

$$g \simeq \beta \frac{\pi}{6} \int_{S_{\min}}^{\infty} D^3 \varphi_0(D) dD, \quad (5)$$

где $\varphi_0(D)$ — ненормированная дифференциальная функция распределения числа капель по диаметру, определяемая счетно-импульсным методом;

$\varphi_0(D) dD$ — количество зарегистрированных капель, размеры которых находятся в интервале $D \div D + dD$, проходящих за одну секунду через единицу площади в зоне измерения;

S_{\min} — достоверно измеряемое минимальное расстояние между электродами (в наших опытах $S_{\min} = 10$ мкм);

β — постоянный коэффициент, зависящий только от электропроводности жидкости и параметров регистрирующей аппаратуры.

Из уравнения (3) видно, что при вычислении $\bar{v}(D)$ коэффициент β сокращается.

Таким образом, представляется возможным заметно упростить определение приведенной функции $\bar{v}(D)$, особенно в тех случаях, когда трудно обеспечить изокINETичность отбора и вывод пробы жидкости из объема исследуемого аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулагин А. В. Методы измерения размеров капель при распыливании. В сб.: «Взаимозаменяемость и техника измерения в машиностроении». Госэнергоиздат, 1960.
2. Викс М., Даклер А. Новый метод измерения распределения размеров капель электропроводной жидкости в двухфазном потоке. В сб.: «Достижения в области теплообмена». М., «Мир», 1970.
3. Братута Э. Г., Переселков А. Р. Счетно-импульсный метод для исследования распределения капель по размерам в дисперсных потоках. В сб.: «Энергетическое машиностроение», вып. 16. Изд-во ХГУ, Харьков, 1973.
4. Братута Э. Г., Переселков А. Р. К вопросу о новом методе измерения размеров капель. В сб.: «Энергетическое машиностроение», вып. 18. Изд-во ХГУ, Харьков, 1974.
5. Яблоник Р. М., Райхель Н. Л. Измерение влагосодержания в воздушном потоке. «Изв. вузов СССР — Энергетика», 1963, № 3.
6. Кокорин О. Я. Установки кондиционирования воздуха. М., «Машиностроение», 1970.